

KEK 2024

2024年度 要覧

Inter-University Research Institute Corporation
High Energy Accelerator Research Organization

大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構

加速器だから 見える世界。

高エネルギー加速器研究機構(KEK)とは

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構(KEK)は、宇宙の起源、物質や生命の根源を探求する研究所です。加速器科学をはじめとする基礎研究を牽引するとともに、大学共同利用機関法人として国内外の研究者に共同利用の場を提供しています。また、総合研究大学院大学の基盤組織として、先端的研究分野の開拓を担う人材を養成しています。

知の地平線を拡大する

1930年代に加速器が発明されて以来、加速性能は、およそ1000万倍になり、科学の進歩を支える不可欠な技術となっています。素粒子・原子核の研究ばかりでなく、物質や生命現象の理解、がん治療やタイヤ製造など、生活になくてはならない技術になってきました。調べることができる細かさはエネルギーの大きさ次第で、より細かく詳しく調べるには、高いエネルギーの光や粒子線が必要になり、加速器が重要になってきます。KEKでは、小林・益川理論の証明、ニュートリノ振動の解明など素粒子の理解を深める重要な成果が生まれ、放射光を用いた新しい超伝導体や創薬関連のタンパク質の構造解析、大強度の中性子ビームやミュオン

ビームを用いた物質中の水素が引き起こす新しい性質の研究など、物質・生命科学においても最先端の成果を挙げってきました。

加速器は今も飛躍的な進展を遂げ、新しい知見を切り拓くうえで大きな役割を担っています。皆さんを取り囲んでいる空気を取り除くと、「真空」になります。「まことのから」と書きますが、実は空っぽではなく、不思議なヒッグス場に満ちていることが最先端の加速器で見られました。この真空が、ビッグバンや宇宙の進化に深く関係していることが分かってきました。「無用の用」の新しい知見が得られ、人類の知の地平が大きく広がりました。これをさらに進め、KEK

は東京大学宇宙線研究所と協力して、「幽霊粒子」と呼ばれるニュートリノが、宇宙に満ちた物質を生んだ可能性を調べようとしています。

光ばかりでなく、電子、ミュオン粒子(ミュオン)、中性子、陽電子などの粒子線を用いて、さまざまな物質の構造や化学反応のしくみが解明され、新機能を持った材料などの開発につながりました。今後はAIなどの新しい側面を加えて、もっと新しい物質や機能が発見されると期待しています。KEKに対して皆さまからお寄せいただいたご支援にあらためて感謝申し上げます。今後とも社会の一員としての責任を自覚しつつ、科学や応用技術の発展に力を尽くしてまいります。

高エネルギー加速器研究機構
機構長

浅井 祥仁
ASAHI Shoji




KEKの研究

高エネルギー加速器研究機構（KEK）は、自然界に働く法則や物質の基本構造などを探求する研究機関です。独自の研究を行うとともに、大学共同利用機関法人として多くのユーザーを受け入れ、人類の知的資産の拡大と持続可能な発展に貢献しています。

組織としては、素粒子原子核研究所、物質構造科学研究所、加速器研究施設、共通基盤研究施設、量子場計測システム国際拠点、J-PARCが連携して研究を行っています。

研究



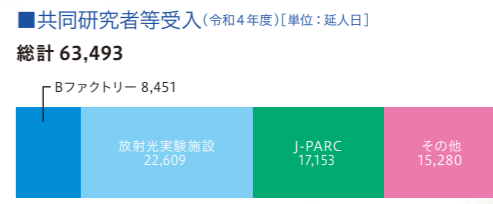
KEKではさまざまな装置を駆使して、独自の研究を行うとともに、大学共同利用機関法人として多くのユーザーを受け入れている、研究コミュニティのための研究拠点です。

2017～2022年 Top 1% 論文率[※]

2.8%

Top 1% 論文数 121 / 論文数 4,338

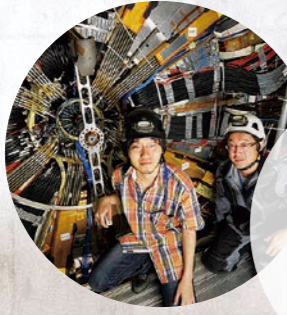
SciVal調べ(参照日: 2023/8/23)
※ self citation 含む



加速器だから見える世界。

→p.6

極微の世界から宇宙までを多面的に探究する



→p.14

多彩な研究



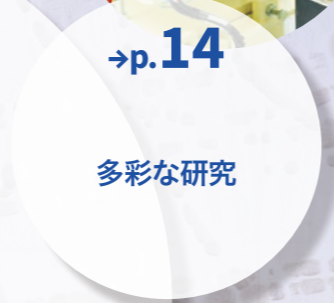
→p.8

物質の構造と機能を加速器で知る



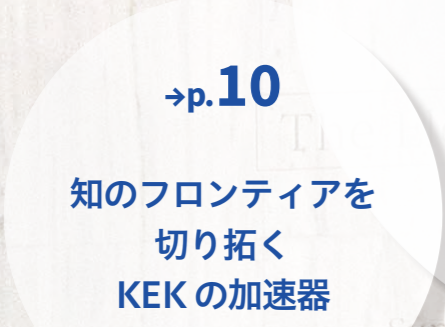
→p.13

新しい『眼』を人類にもたらす



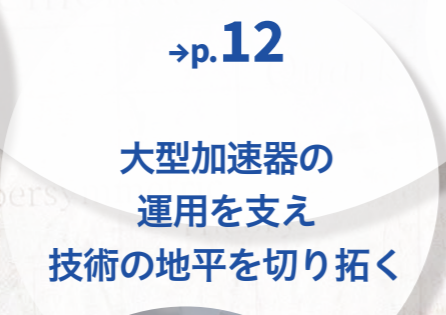
→p.10

知のフロンティアを切り拓く KEKの加速器



→p.12

大型加速器の運用を支え 技術の地平を切り拓く



教育



→p.16

国際協力



→p.17

社会とのかかわり



→p.18

総合研究大学院大学の拠点のひとつであり、連携大学院制度、特別共同利用研究員制度を整備し、他大学からの大学院生の受け入れもを行っています。

加速器科学の世界的な拠点として、海外研究所との学術交流協定を締結し、共同研究や研究者交流を活発に行っています。

KEKの最先端技術にはスピノフとして社会に大きく役立つ技術が数多くあります。また、研究・開発の現場から職員の日常業務に至るまで、SDGsを強く意識した活動を幅広く展開しています。

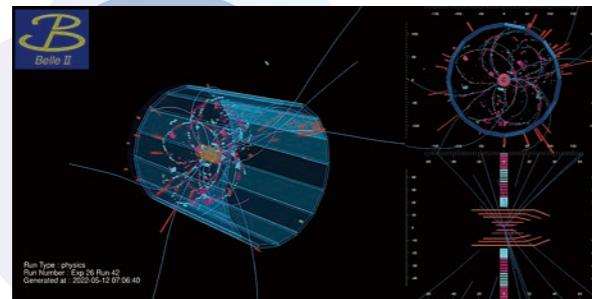
1

極微の世界から宇宙までを 多面的に探究する

素粒子原子核研究所

全ての物は細かく見ていくと、分子、原子、原子核、そして素粒子に辿り着きます。素粒子は、これ以上分けることのできない物質の最小単位です。素粒子や原子核のように極微な物の性質を理解することは、広大な宇宙誕生の謎を解明する重要な手がかりです。素粒子、原子核という極微な世界から広大な宇宙までの幅広い分野に対して、理論及び実験の両側面からの総合的研究を行っています。

宇宙の謎をひも解く新物理を探す / SuperKEKB / Belle II 実験



Belle II 検出器で捉えた事象の一つ

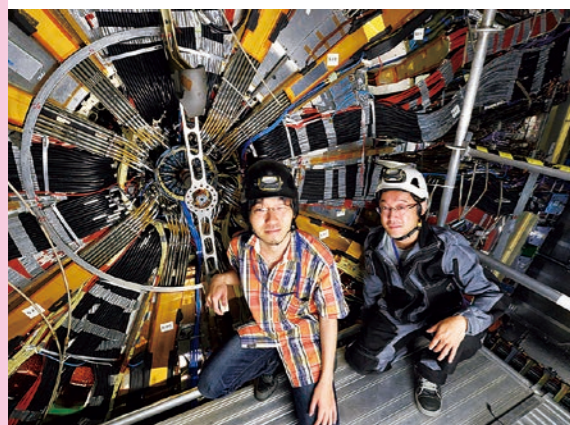
未解明な宇宙の謎を解く鍵となる新しい物理現象を探す、Belle II 実験。SuperKEKB 加速器で生成される粒子が崩壊するパターンを詳細に調べることによって、既知の物理理論では説明できない事象を見つけようとしています。

電子・陽電子の衝突型加速器 SuperKEKB と、その衝突点に設置された Belle II 測定器は世界で唯一の「スーパーBファクトリー」実験施設です。前身である KEKB 加速器は小林誠・益川敏英両博士のノーベル物理学賞受賞に結びつく成果を残し、SuperKEKB では電子と陽電子衝突型加速器の루미ノシティ（衝突性能）の世界最高記録を保持しています。

Belle II 実験は 28 の国と地域から 1,100 名以上の研究者が参加する国際共同実験であり、前実験の 50 倍の B 中間子崩壊等のデータ収集を目指しています。

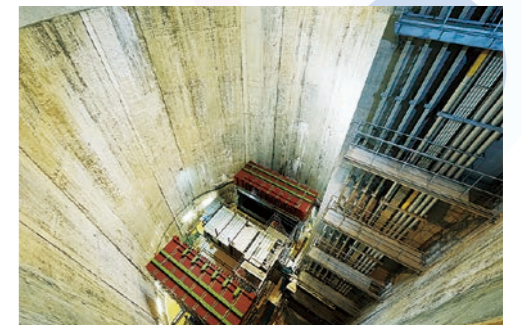
人類未到達の高エネルギーで新物理の発見を目指す / エネルギーフロンティア実験

未知粒子の発見とヒッグス粒子の性質の解明を目指し、現在稼働する世界唯一の高エネルギーフロンティア実験としてスイス ジュネーブ近郊の欧州合同原子核研究機関（CERN）の LHC/ATLAS 国際共同実験を推進しています。LHC 実験の成果を受け、未知粒子探索とヒッグス粒子研究を一層進展させるため、LHC 実験の高輝度化に向けた検出器アップグレードについても日本グループは中核的な役割を果たしています。さらには、ILC をはじめとする将来実験に向けた物理と最先端の技術開発を行っています。



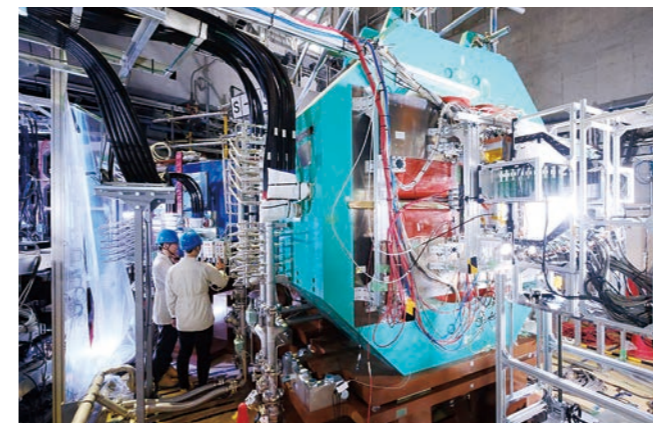
ニュートリノで調べる物質・反物質の謎 / T2K 実験

J-PARC でつくったニュートリノを 295km 離れたスーパーカミオカンデで観測し「ニュートリノ振動」の性質を詳しく調べる T2K 実験を行っています。T2K 実験は 2013 年、ミューニュートリノが電子ニュートリノに変化した決定的な証拠を得ることに世界で初めて成功しました。2014 年からはニュートリノと反ニュートリノで振動の起こる確率の差を調べて、この宇宙でなぜ物質のみが存在して反物質がないのか、この謎の解明を進めています。



ニュートリノ前置検出器

素粒子・原子核・核力を研究し宇宙の成り立ちを探る / ハドロン実験



K1.8 ビームラインに設置された S-2S スペクトロメータ

J-PARC ハドロン実験施設では、アップ、ダウンクォークでできている陽子・中性子のほかにストレンジクォークを含む「ハイペロン」を構成要素にもつハイパー核を生成し、原子核をまとめている核力の研究をしています。そのほかにも、ハドロンやその相互作用の性質の研究、K 中間子の稀な崩壊の探索やミューオンが電子に直接転換する現象の探索など、原子核素粒子物理学の多様な実験を行っています。

理論センター

基礎物理学の究極理論を探し求め、数学的な手法や計算機を使ったシミュレーションを組み合わせた理論的研究を行っています。研究内容は、超弦理論から、素粒子標準模型を超える理論の構築、ハドロン原子核の構造やダイナミクスの研究、初期宇宙や高エネルギー天体物理学、そして量子基礎論まで幅広い分野にわたっています。



素粒子原子核研究所
所長
齊藤 直人
SAITO Naohito

「我々はどこからきて、何者であり、どこに行くのか?」。誰もが好奇心を駆り立てられる人類共通の問いに、世界最先端の加速器を駆使して挑戦しています。

2

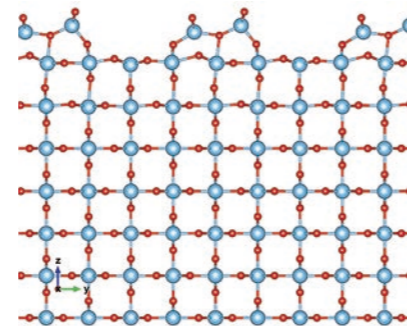
物質の構造と機能を 加速器で知る

物質構造科学研究所

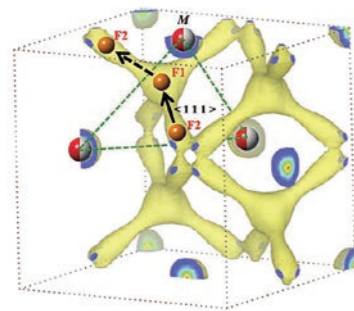
電子加速器から発生する放射光や陽電子、陽子加速器によってつくり出される中性子やミュオンなどの量子ビームを利用し、原子レベルから高分子、生体分子レベルにいたる幅広いスケールの物質構造と機能を総合的に研究しています。また、ビーム生成、利用技術などの開発研究を通して、幅広い物質科学の発展に貢献しています。

光触媒表面の原子の並び / 陽電子回折実験

光触媒は光が当たる表面で作用します。代表的な光触媒、酸化チタンには表面の原子の並びが詳しくわかっていないものがありました。陽電子を表面すれすれに当てて全反射させて調べると、意外にも非対称な配列だとわかりました。

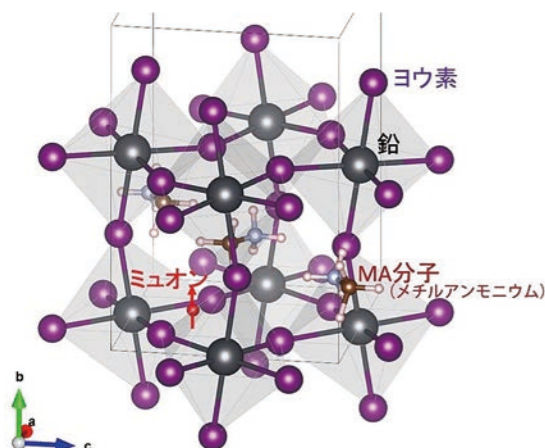


未来の電池の電気の流れ / 中性子回折実験



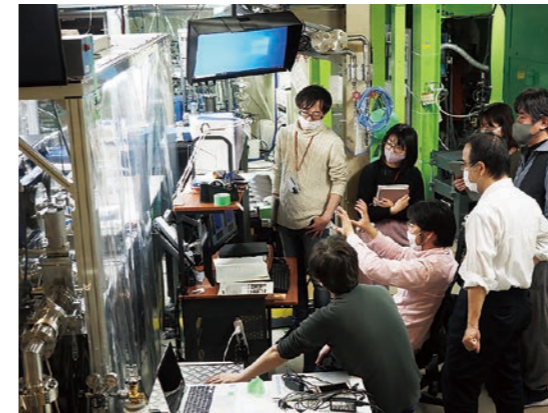
丈夫で長持ちな次世代電池として期待される全固体電池。その有力候補フッ化物イオン伝導体の中で、原子がどう並び、イオンがどう流れるかを中性子回折実験で捉えます。未来の電池へのヒントにつながります。

太陽光発電の性能向上を目指して / ミュオン実験



ヨウ化鉛メチルアンモニウムは、将来の太陽電池として有望な物質です。この物質では、鉛とヨウ素でできたジャングルジムのような構造の中でメチルアンモニウム分子が回転しています。その回転の様子をミュオンで観測し、メチルアンモニウム分子のちょうどよい回転運動が太陽光を電気に変える効率の向上につながることをつぎとめました。

小惑星リュウグウのかけらをみる / 放射光実験・ミュオン実験



小惑星探査機「はやぶさ2」が持ち帰った小惑星リュウグウのかけらは、太陽系の歴史や、地球上の生命がどこから来たかを調べるために分析されています。KEKではミュオン、硬X線、軟X線などを使い、わずかな試料から宇宙を覗く研究に貢献しました。

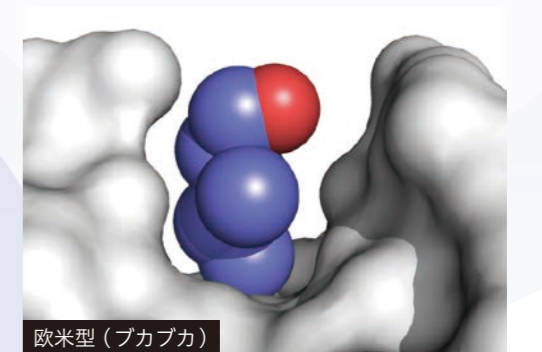
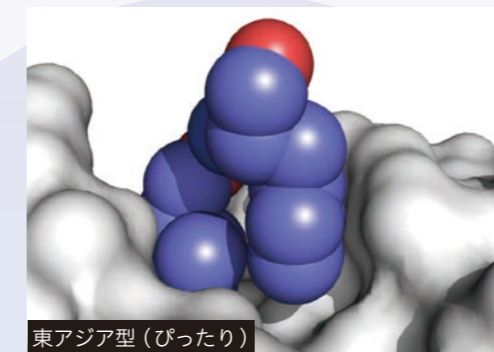
基礎生物学から疾病の原因追求、創薬への貢献 / クライオ電子顕微鏡実験・放射光実験

生命の謎や病気のしくみなどの解明のため、生命体の主要な構成要素であるタンパク質を調べます。タンパク質の立体構造が分かると、そのタンパク質がどんな動きをするのかを知ることができます。フォトンファクトリーにはタンパク質構造解析のためのビームラインが5本あり、さらに2018年から導入されたクライオ電子顕微鏡も活用して、生命のしくみに迫っています。



アジアに胃がんが多い理由 / 放射光実験

ピロリ菌がつくる胃がんの原因タンパク質CagAの構造を放射光X線で解析すると、東アジア型の菌では胃の粘膜のタンパク質にCagAがぴったりはまり、発がんにつながることがわかりました。欧米型の菌ではブカブカで、アジアに胃がんが多い理由と考えられています。



物質構造科学研究所
所長
船守 展正
FUNAMORI Nobumasa

量子ビームの複合利用を推進することで、物質・生命が示す多彩な機能の根源を解き明かすことを目指しています。

3

知のフロンティアを切り拓く KEKの加速器

加速器研究施設 / J-PARC

KEKは、粒子加速器を使ってさまざまな研究を行っています。

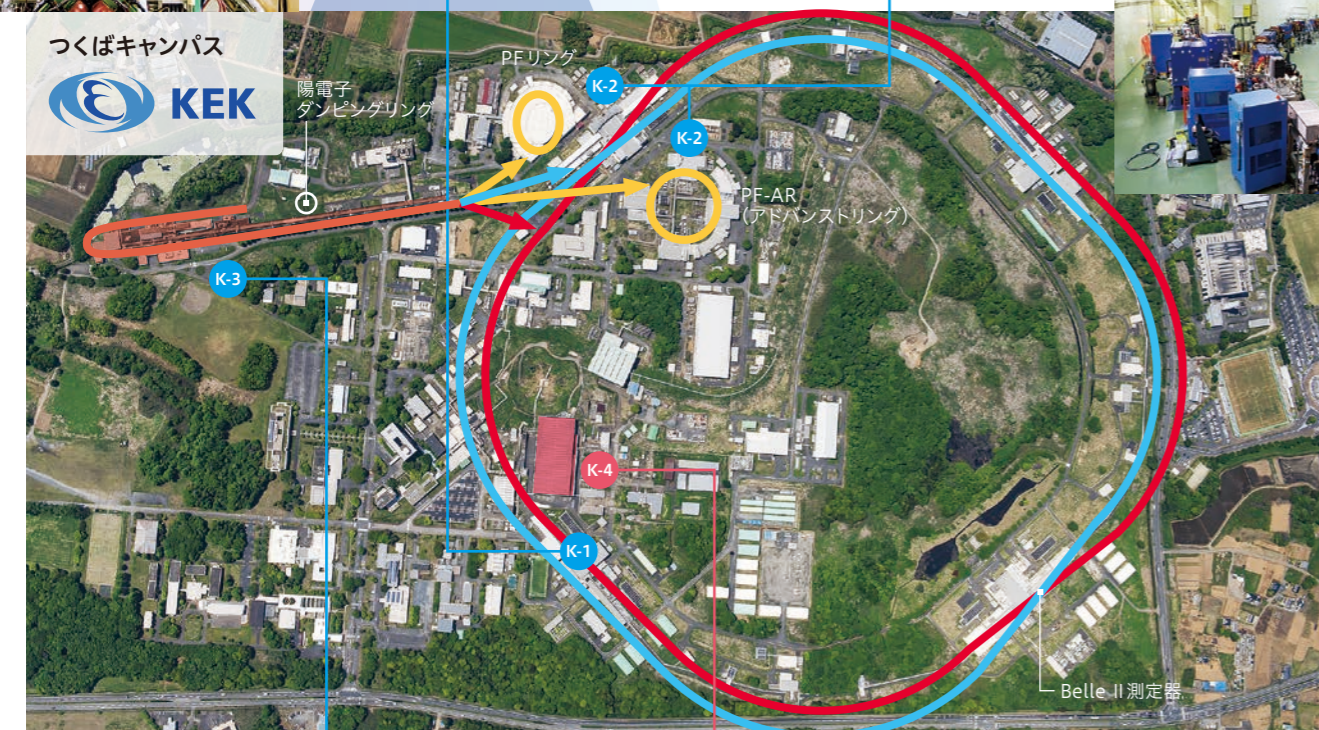
加速器とは、電子や陽子のような粒子や、原子から電子をはぎとったイオンなどをたくさん集めてビームにし、電気力で加速する装置です。身近なところでは医療用X線発生装置や電子レンジで食品を温める電波（マイクロ波）をつくる真空管が小さな加速器です。

K-1 SuperKEKB 加速器

ほぼ光速の電子と陽電子を正面衝突させ、B中間子と反B中間子を大量に生成するよう設計された周長3kmの円形加速器です。前身のKEKB加速器は、2008年の小林誠氏、益川敏英氏のノーベル物理学賞受賞に貢献しました。

K-2 放射光加速器

光速に近い電子が軌道を曲げられると、強く明るい「放射光」が出ます。これを物質科学・生命科学などに利用するための円形加速器です。KEKにはフォトンファクトリー（PF）とPFアドバンスリング（PF-AR）の2つがあります。

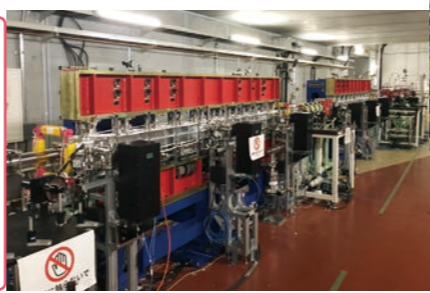


K-3 電子・陽電子線形加速器

SuperKEKBと放射光加速器に電子・陽電子ビームを供給する全長約600mの加速器です。自然界にほとんど存在しない陽電子は、電子ビームをタングステンの標的に当ててつくり出します。この加速器で電子と陽電子の速さはほぼ光速になります。

K-4 コンパクトERL (Energy Recovery Linac)

超伝導空洞でいったん加速した電子ビームがまた同じ空洞に戻り、そのエネルギーを回収して次のビーム加速に再利用する省電力かつ大強度ビームを実現する加速器です。自由電子レーザーの生成などさまざまな新しい産業応用が期待されます。



加速器研究施設 施設長
小関 忠
KOSEKI Tadashi

加速器研究施設は、最先端の加速器を開発、建設するとともにそれらの運転及びビーム性能の向上を担っています。

J-1 リニアック(陽子線形加速器)

水素ガスを加熱分解してつくり出した陽子に、電子を2個加えてマイナスの電気を帯びた「負水素イオン」をつくり、全長300mのこの施設で4億電子ボルト(0.4GeV)まで加速します(速さは光速の約71%)。そしてRCSへの入射時に炭素の薄膜を通過させて電子を全部はぎとり、プラスの電気を帯びた陽子ビームにします。



J-2 RCS (Rapid-Cycling Synchrotron)

リニアックから入射された陽子ビームを3 GeVまで加速する(光速の約97%)周長約350mの円形加速器(シンクロトロン)です。取り出された陽子ビームの多くは物質・生命科学実験施設(MLF)に導かれます。MLFでは陽子ビームから中性子ビームとミュオンビームが生成されます。取り出された陽子ビームの一部は主リングに送られ、さらに加速されます。



J-3 主リング(Main Ring)

周長約1,600mの円形加速器(シンクロトロン)である主リングは、RCSで加速された3GeVの陽子ビームを30GeVまで加速します(光速の約99.95%)。このビームは、ハドロン実験施設でK中間子やπ中間子のビームなどの生成に、ニュートリノ実験施設ではニュートリノビームの生成に用いられます。



J-PARCセンター センター長
小林 隆
KOBAYASHI Takashi

J-PARCセンターの使命はビームを出して、成果をあげ、社会を幸せにすることです。そのためには「楽しむ」ことが重要と思っています。



4

大型加速器の運用を支え 技術の地平を切り拓く

共通基盤研究施設

KEKでは、大型加速器施設の運用に欠かせない計算科学や放射線科学、超伝導低温、機械工作などの基盤技術を研究する共通基盤研究施設を設置しています。高い基盤技術を用いて、放射線・環境安全管理、コンピューターやネットワークの管理運用、液体ヘリウム等の供給、機械工作などの支援業務を行っています。

加速器施設の放射線安全・環境安全のために / 放射線科学センター

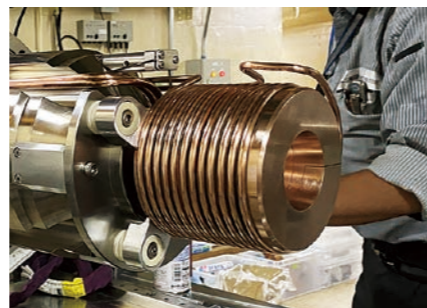
大型加速器で発生する放射線・放射能の管理、化学物質に関する安全管理を行っています。放射線と物質との相互作用に関する研究、放射線・放射能の測定法の開発、放射線の挙動をシミュレーションする技術の開発を行っており、これらで得られた知見を支援業務である加速器の遮蔽設計・放射線管理・廃止措置に適用しています。また、加速器開発・利用に必要な化学分析・環境安全のための研究開発と支援業務も行っています。



加速器放射線の測定

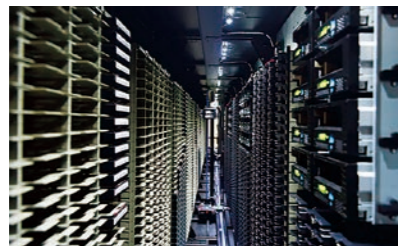
唯一無二の少数精鋭 / 機械工学センター

機械工学センターは、機械工学を専門とする技術職員が中心となって、実験装置の設計・製作をはじめ、外部企業への橋渡しなど、多岐にわたる製造・開発支援を行っています。また将来的な加速器科学への支援に必要な機械工学関連の研究も行っています。



SuperKEKB用フラックスコンセン
トレーター

膨大なデータ解析を可能に / 計算科学センター



100ペタバイト収容可能なテープライブラリの内部

世界中の研究機関とつながれた中央計算機システムによって、KEKのあらゆるプロジェクトのデータ解析やシミュレーションが可能になっています。また、世界最高レベルの放射線シミュレーション計算コードを開発しています。

極低温技術のフロントランナー / 超伝導低温工学センター

超伝導低温工学センターでは、大型実験装置で必要とされる超伝導磁石や極低温機器の開発研究、建設、運転を行っています。また、将来の高エネルギー加速器計画に向けて、高磁場、高放射線の環境下で安全・安定に運用できる超伝導磁石や極低温装置の開発研究に力を入れています。



ニュートリノビームライン用超伝
導磁石システム



共通基盤研究施設
施設長
波戸 芳仁
NAMITO Yoshihito

KEKの研究基盤を支える支援業務とこれにかかわる研究開発を行っています。

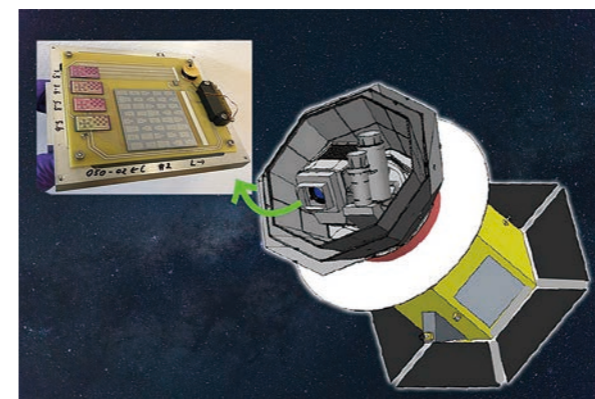
5

新しい『眼』を 人類にもたらす

量子場計測システム国際拠点(WPI-QUP)

近年、量子場に関する研究が大きく進んでいます。これを背景に、「量子場計測システム国際拠点(QUP)」は、新しい量子場計測システムの発明・開発のために設立されました。この「量子場計測システム」は、量子場「を」計測するという意味と、量子場「で」計測するという二つの意味があります。これは、いわば世界を見つめるための新しい「眼」ともいえるべきもので、宇宙観測や素粒子実験での計測に革新をもたらすことができます。

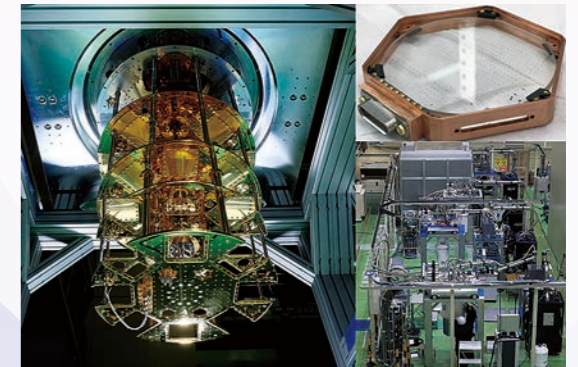
宇宙の始まりの量子場を見る / LiteBIRD計画



誕生直後、宇宙はインフレーションと呼ばれる急激な膨張をしたと言われています。この時期の情報は、ほとんどが過ぎて起きたビッグバンにかき消されてしまっています。しかし、ビッグバンの38万年後に放出された宇宙背景放射(CMB)のわずかな偏光に、当時の痕跡が残されている可能性があります。LiteBIRD衛星は、CMBの偏光を観測するために、QUPの羽澄昌史拠点長が提案した衛星観測計画で、JAXAのロケットで打ち上げられる予定です。QUPでは、CMBを観測するための高精度センサー・超伝導転移端検出器(TES)を開発しています。

身の回りの量子場を見る / 「暗黒物質」の探求

宇宙には通常の物質の5倍以上の「暗黒物質」があり、私たちの周りにもこれが満ちていると考えられています。しかし、暗黒物質は通常の物質とは滅多に反応しないため、本当に身近にあるのかすら、未だに分かっていません。QUPは、暗黒物質と通常の物質との非常に稀でかすかな反応の検出を目指しています。このために、暗黒物質が通常の物質と衝突して出す「音」を聞こうという試みや、太陽に溜まる暗黒物質からの信号を捉えようという試みなど、ここでもTESを使った多彩な探求を準備しています。このために、4台の希釈冷凍機を備えた施設を作り、2023年3月から運用を始めています。



量子場計測システム国際拠点
拠点長
羽澄 昌史
HAZUMI Masashi

若手には「研究者は、良き隣人より、良き変人たれ」と伝えたい。

多彩な研究

KEKでは、従来の分野の枠を超えた独自の研究やユニークな実験装置を使った研究も行われています。こうした多彩な研究を担うセンターがいくつか置かれており、先端技術の追求や新しい研究分野の開拓を他研究所や共同利用研究者と連携して進めています。

元素の起源を探る / 和光原子核科学センター (WNSC)

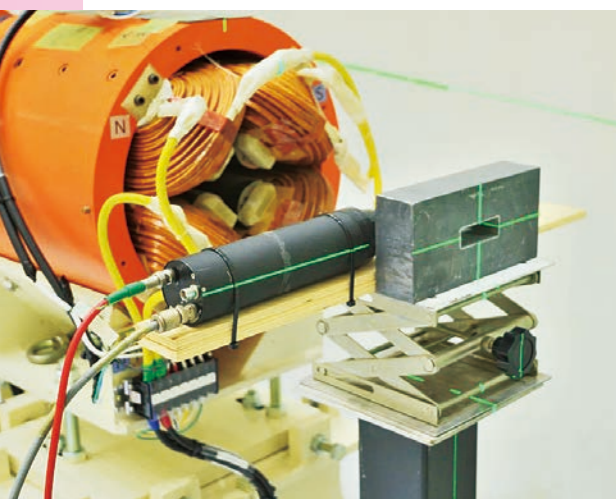
和光原子核科学センターでは、KEKが開発した国際的にユニークな原子核実験装置KISSを使って自然には安定に存在しない短寿命な原子核を人工的に作り出し、共同利用実験に供しています。また、理化学研究所 仁科加速器科学研究センターと連携して、新同位体の発見や、宇宙における元素の起源の解明を目指しています。



MRTOF質量分光器内部構造。短寿命核の質量測定ばかりでなく、環境汚染物質の分析への応用も可能です。

技術革新による未知の発見 / 測定器開発センター (ITDC)

測定器開発センターは、2022年4月に素粒子原子核研究所(素核研)のもとに設置されました。新たに建設した測定器開発テストビームラインの運用を目玉に、分野を超えた測定器開発の拠点として、測定器技術開発を大学共同利用ユーザーと共に進めています。素粒子原子核分野に閉じることなく幅広い分野の研究者が交流することで新しい研究の芽を育て、若手研究者が自由な発想のもと活躍できる場になることを目指しています。



測定器試験のためのテストビームライン

構造生物学研究センター (SBRC)



タンパク質結晶化システム

生物が持つ複雑で不思議な仕組みを明らかにするためには、生物の部品の『形』を明らかにした上でさまざまな研究を行うことが必要不可欠です。それらの部品はわずか数ナノメートルの大きさしかないので、X線や電子線を使って構造を調べます。細胞を構成する小さな物質の形や、それらが集合して組み上がった様子を明らかにするため、フォトンファクトリーの放射光線やクライオ電子顕微鏡を駆使して独自の構造生物学的研究を進めています。

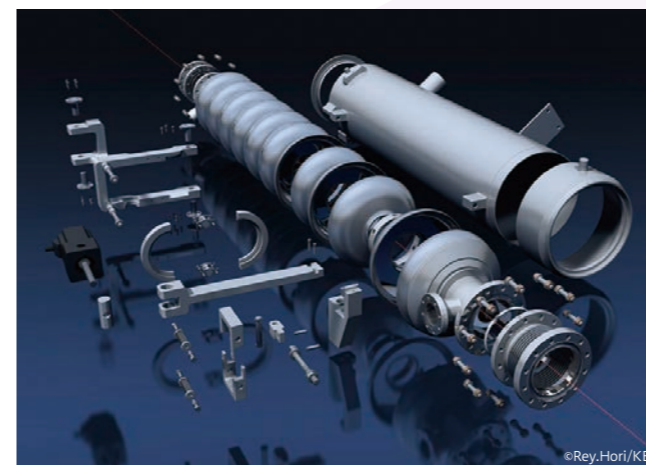
量子ビーム連携研究センター (CIQuS)

量子ビーム連携研究センター (CIQuS / サイクウス) は、2020年4月に従来の構造物性研究センターを発展的に改組し、物質構造科学研究所(物構研)に新設されました。物構研は、放射光・中性子・ミュオン・低速陽電子という4つの量子ビーム(物質中のミクロな世界を見るビーム)を備えた世界的にもユニークな研究所です。そのメリットを生かして、物質の表面構造、内部構造、不均一構造を調べる新しいマルチプローブ連携分野を創成することを目指しています。



応用超伝導加速器イノベーションセンター (iCASA)

日本唯一の超伝導加速器の研究開発拠点として、超伝導加速器の幅広い普及を目指しています。1980年代のトリスタン加速器、国際リニアコライダー(ILC)の研究開発で培ってきた超伝導加速器技術を活用して、産業・医療応用を推進し、加速器の社会貢献に寄与します。これらの活動を全国規模で強力に推進するため、本センターが中心となり、大学・国内外研究機関・企業から構成される「応用超伝導加速器イノベーションコンソーシアム」を構築しました。このスキームの下、大強度超伝導加速器応用のニーズの調査・分析、研究開発戦略の策定・展開を図るとともに、若手研究人材の育成にも貢献しています。



©Rey,Hori/KEK



教育

KEKでは最先端科学に挑戦する、好奇心とチャレンジ精神にあふれる「基礎科学の未来を担う人材」の育成を目指して、さまざまな教育活動を実施しています。大学共同利用機関であるKEKは、総合研究大学院大学(総研大)の基盤機関として、最先端の研究施設・設備を大学院教育に提供しています。また、連携大学院、特別共同利用研究員の制度を設け、大学院生を学位取得まで指導しています。

総合研究大学院大学 3 コース

総合研究大学院大学(総研大)は、大学共同利用機関を活用し、幅広い視野を持った国際的で独創性豊かな研究者の養成と、従来の学問分野の枠を越えた独創的学術研究の開拓・推進を目指して、1988年に我が国最初の独立大学院大学として創設されました。KEKには先端学術院先端学術専攻20コースのうち3コースが設置され、緊密に協力して大学院教育を展開しています。

加速器科学

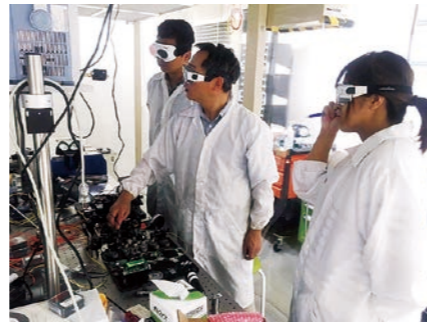
究極の物質探求装置「加速器」を科学する

物質構造科学

4種のビームが拓くナノの世界

素粒子原子核

宇宙と物質の謎にせまる



素粒子原子核専攻(実験部門)の総研大生とKEKの教員による実験の風景。大学では運用していない大型実験施設や装置を実際に使用しながら研究を進めることができる点はKEKで学ぶ魅力の一つ。

■総合研究大学院大学(令和5年4月現在)[単位:人]

区分 ※1	定員 ※2	R5.4.1入学者数	現員	入学者総数
加速器科学コース・専攻	5年一貫制博士課程	1	5	161
	博士後期課程 計11	1	9	
物質構造科学コース・専攻	5年一貫制博士課程	0	3	111
	博士後期課程 計15	0	5	
素粒子原子核コース・専攻	5年一貫制博士課程	8	17	200
	博士後期課程 計23	0	30	

※1 令和5年4月組織改編により、高エネルギー加速器科学研究科の各専攻から先端学術院先端学術専攻の各コースへと変更した。すでに在籍する学生は研究科に引き続き所属している。

※2 先端学術院における入学定員は総定員のみとなった。表中のコース毎定員数は運営上設定する値である。

連携大学院

連携大学院制度では、KEKと大学院が協定を締結した上で、KEKの研究者が大学院の客員教員(併任教員)に就任し、KEKの各研究所内で大学院生を学位取得まで指導します。相互の研究交流を促進することによって、学生の資質向上を図り、学術及び科学技術の発展に寄与することを目的としています。

特別共同利用研究員

KEKでは、大学院学生を「特別共同利用研究員」として受け入れ、研究指導を行っています。

■特別共同利用研究員受入(令和4年度)[単位:人]

区分	人数	受入施設別内訳	人数
国立大学	28	素粒子原子核研究所	8
公立大学	0	物質構造科学研究所	11
私立大学	0	加速器研究施設	6
計	28	共通基盤研究施設	3



国際協力

KEKは、欧州合同原子核研究機関(CERN)や米フェルミ国立加速器研究所(FNAL)などと並ぶ加速器科学の世界的な拠点として、物理科学・生命科学をはじめとする基礎科学の発展に貢献しています。

KEKにおける国際プロジェクト

KEKには世界から研究者が共同研究、国際会議出席等の目的で来訪しています。Belle II、T2K 実験には世界各国の研究機関から多数の研究者が参加しています。フォトンファクトリーにはインド科学技術庁(DST)との覚書に基づきインドビームラインが設置されています。先端加速器研究開発(ILC等)、測定器開発研究、大規模シミュレーションソフトウェア開発等の基盤的研究も国際的な協力体制により進められています。

■外国機関共同研究者受入・分野別(令和4年度)[単位:延人日]
総計 15,285



■外国機関共同研究者受入・国・地域別(令和4年度)[単位:延人日]
総計 15,285



海外研究機関との連携

アジア地域・北米地域・欧州地域で大学・研究機関と学術交流協定等を締結し、共同研究や研究者交流を活発に行っています。特にフランスとは、Toshiko Yuasa Laboratory (TYL) を2006年より設立し、組織的な共同研究や若手研究者の交流などを積極的に進めてきました。さらに、KEKと海外の複数の研究機関が連携し、KEKを拠点として研究を実施する枠組みである「多国籍参画ラボ事業」において、現在2件のプロジェクトが行われています。

■国際学術交流協定(令和5年度)

区分	件数	区分	件数	区分	件数	区分	件数
中国	11	カナダ	5	スイス	2	スロベニア	2
韓国	8	米国	11	ポーランド	2	スペイン	2
インド	7	チリ	1	オーストリア	1	スウェーデン	1
タイ	3	英国	2	ドイツ	6	CERN	31
台湾	3	ロシア	5	フランス	8	多国間	11
オーストラリア	1	ジョージア	2	イタリア	3	合計	128

海外国際共同研究への参加

1979年より実施されている日米科学技術協力事業は、両国の加速器科学の発展、若手研究者育成などに大きく貢献しています。また、欧州合同原子核研究機関(CERN)では大型ハドロン加速器(LHC)のアップグレードへの協力を行うとともに、ATLAS実験等の国際協力研究に日本の大学・研究機関とともに参加しています。アジア加速器測定器フォーラム(AFAD)では、特にアジア地域で求められている加速器・測定器技術の研究開発と応用に協力しています。



若手研究者育成

東南アジア素粒子物理学スクール、AEP SHEP(Asia Europe Pacific School of High Energy Physics)など数多くのスクール開催や、共同実験への若手研究者・大学院学生の受入れなどにより、アジア地域をはじめとして、世界の若手研究者の育成に力を入れています。また、人材育成を主な目的とした加速器科学国際育成事業(IINAS-NX)を2022年より実施しています。





社会とのかかわり1

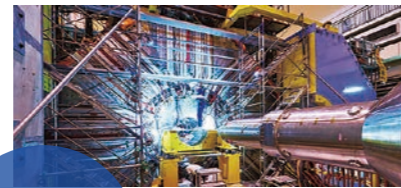
KEKは、加速器科学に関する研究・開発の現場から職員の日常業務や福利厚生の現場に至るまで、SDGsを強く意識した活動を幅広く展開しています。地球規模の課題であるカーボンニュートラルの達成に向けた研究開発のほか、男女共同参画に向けた取り組みや「すべての人に教育を」を目指す活動などです。

カーボンニュートラルに向けて

カーボンニュートラル(温室効果ガスの排出実質ゼロ)を目指す動きが急速に高まっています。大型加速器の運用が中心となるKEKの研究では、大電力の消費と環境負荷が避けられませんが、省エネルギーの推進や社会の低炭素化に向けた基礎研究を強化しています。



粒子同士の衝突点でビームを極めて強く絞ることで性能を向上し、前身の2倍以上の性能を同等の消費電力で実現しています。



SuperKEKB 加速器

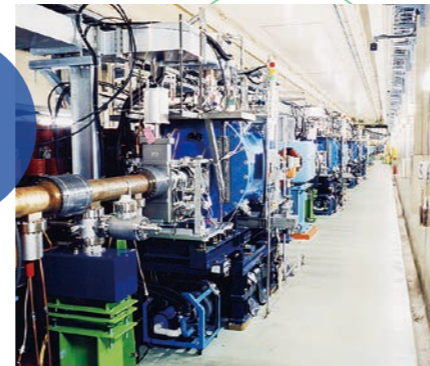
ビームのエネルギーや行き先を1秒間に50回変更することで消費電力を75%減らし、電磁石からの電力回収の効率も69%に達します。



電子陽電子入射器

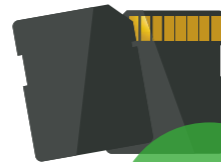
省エネルギーの取り組み

極低温の超伝導にすることで粒子加速の熱損失がほぼなくなり、冷凍機の消費電力を考へても全消費電力を約2割削減することも可能です。



超伝導加速空洞

低速陽電子や放射光を使った原子配列や電子状態の観測で、MRAMやReRAMといった低消費電力かつ高速な新しいメモリの高性能化を目指します。



低消費電力のメモリ

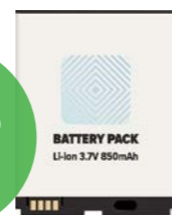
エネルギー負荷が少ない水素製造、高密度の貯蔵、安定な燃料電池の実現を目指し、水素をつくる触媒や貯蔵材料の原子配列を放射光や中性子で観測します。



水素利用の推進

社会の低炭素化に向けた取り組み

放射光、中性子、ミュオンによる観測で電極の状態やイオンの流れを原子レベルで理解し、リチウムイオン電池の高容量化や次世代電池の開発に役立てます。



二次電池の性能向上



ジェンダー平等を目指して

KEKは、より多くの女性が科学技術分野で活躍できる機会を増やすことを目指して、理系女子キャンプを2012年から開催しています。全国から集まった女子高生が1泊2日の日程でKEKつくばキャンパスに集まり、先輩の女性研究者や大学院生の話を聞いたり実験施設の見学をしたりして、進路を考えるきっかけにします。KEKは管理職員等の指導的地位に占める女性割合を5%以上とする目標を達成していますが、さらに増やしていきます。



2023年の理系女子キャンプの様子



すべての人に教育を

KEKは教育支援活動や生涯学習にも力を入れています。全国の学校や各種団体へKEKの研究者や職員を講師派遣する「KEKキャラバン」のほか、各種のサイエンスキャンプを定期的に行っています。「高校生等実習受入」「職場体験」も行っています。またKEKの研究で蓄積された知見や加速器科学について一般の方に広く紹介し、興味や関心を持っていただく「公開講座」も定期的に行っています。見学も幅広く受け入れています。



2023年6月の公開講座。テーマは「クライオ電子顕微鏡で分子と生命をつなぐ」

■ 見学者数 (令和4年度) [単位: 人]

区分	合計
団体見学	3,529
展示ホール来場者数	3,074
J-PARC見学者数	1,102
総計	7,705



社会とのかかわり2

KEKでは加速器、計測器、IT、精密加工、放射線防御、材料などの研究開発を行っています。ここでの最先端技術にはスピノフして社会に大きく役立つ技術が数多くあります。また、加速器からつくられる放射光や中性子、ミュオンなどを利用した実験施設では、大学や企業などとの共同研究を通じて、新材料や新薬などの研究開発が行われています。



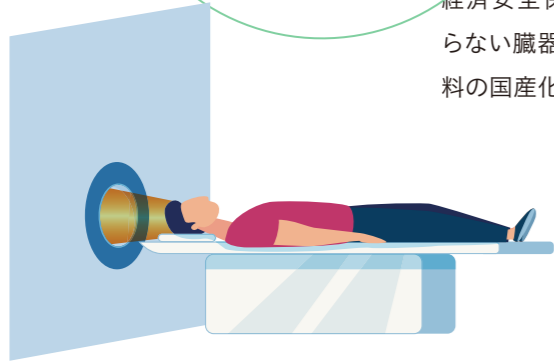
3 すべての人に健康と福祉を

がん細胞を狙い撃ち

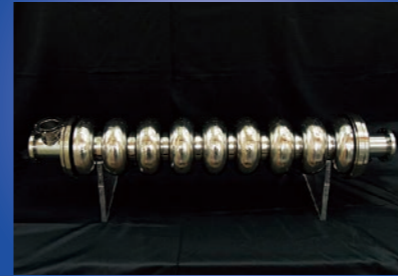
BNCT法は中性子と反応しやすいホウ素をがん細胞に取り込ませ、加速器でつくった中性子線を当てて破壊します。

核医学検査薬の国産化視野

経済安全保障の観点からもCTなどではわからない臓器の状態・機能もわかる検査用薬原料の国産化を、加速器で目指します。



加速器

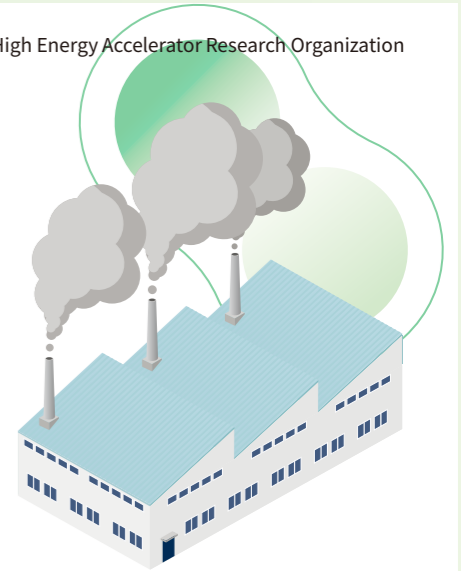


最先端の加速器で使われる超伝導加速空洞



6 安全な水とトイレを世界中に

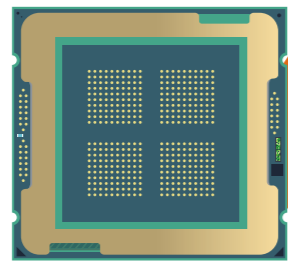
発がん物質を出さない汚水処理へ
普及している塩素殺菌ではトリハロメタンなど発がん物質の発生が課題ですが、加速器でつくった電子線照射による殺菌では起きません。



7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに

環境にやさしい木材由来材料

加速器による電子線を木材に照射してつくるナノセルロースファイバーは強くて軽く、石油化学製品を置き換えられる可能性があります。



9 産業と技術革新の基盤をつくろう

半導体の微細化ニーズに応える

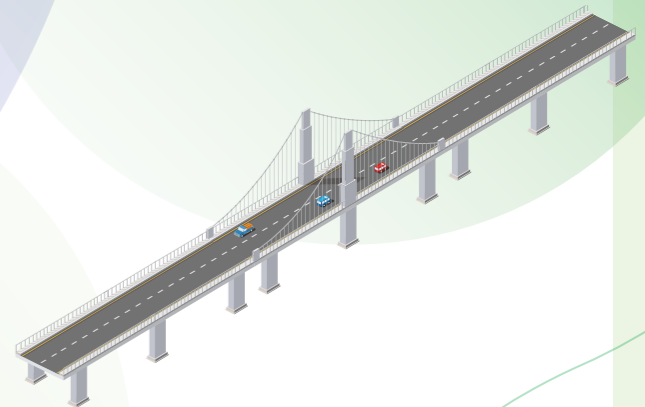
微細化加工用の極端紫外線(EUV)の有望な光源として、加速器を用いた自由電子レーザー(FEL)光源に期待が集まります。



11 住み続けられるまちづくりを

道路の長寿命化で国土を強靱に

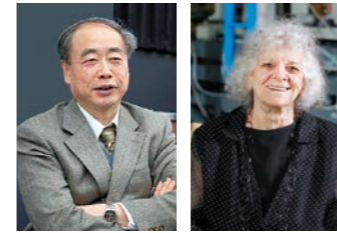
電子線をアスファルトに照射して架橋構造をつくることで寿命を延ばし、莫大な道路アスファルトの保守費を圧縮します。車載X線源によるトンネル・橋梁の非破壊検査も視野に入れます。



KEKのあゆみ

KEKは1971年に高エネルギー物理学研究所として誕生しました。それまで本格的に高エネルギーの素粒子実験をする研究所は日本になく、東京大学原子核研究所の中に素粒子研究所（仮称）準備室を設置し、素粒子研究を志す研究者が集いました。それから、東大原子核研究所を田無分室として合併する形で高エネルギー加速器研究機構が発足しました。のちにJ-PARCセンターを日本原子力研究開発機構と共同で設置し東海キャンパスが生まれました。そうしてKEKは、日本最大の加速器を有する、加速器科学と関連分野の世界的拠点になりました。これからも新しいサイエンスを切り拓き、科学の発展に貢献していきます。

KEKとノーベル賞

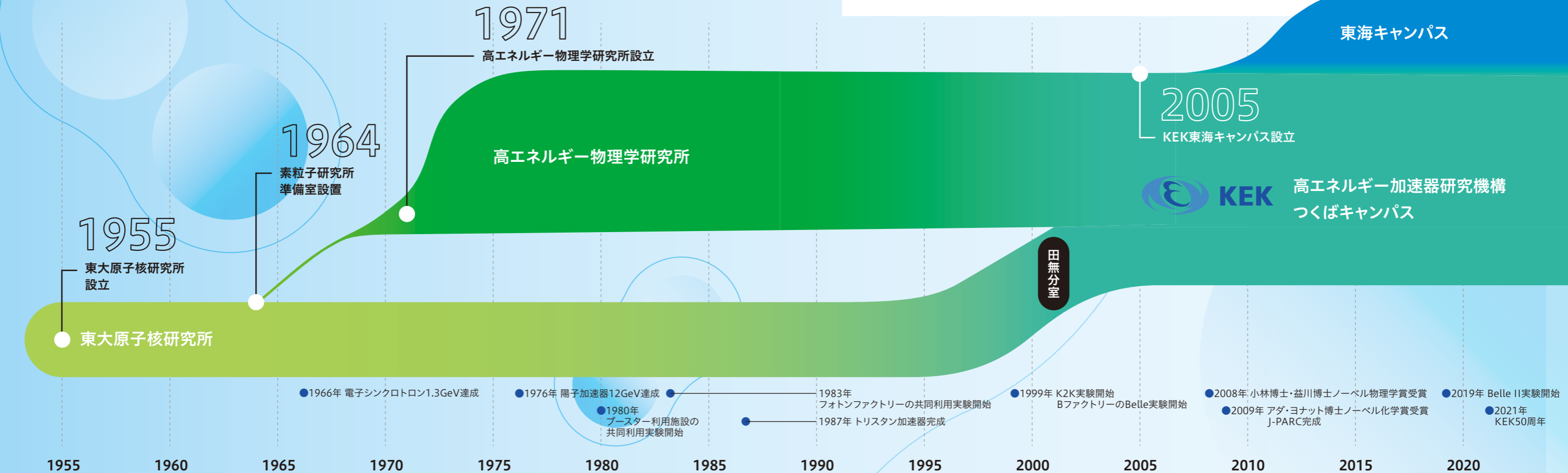


小林誠博士 アダ・ヨナット博士

KEKはノーベル賞との係わりが深い研究機関です。過去にはノーベル賞と直接、間接に結び付いた研究がいくつも行われてきました。

2008年の物理学賞で小林誠博士と益川敏英博士の受賞理由となった小林・益川理論を実験的に証明したのが、KEKのBファクトリーで行われたBelle実験です。また2009年には、KEKのフォトンファクトリーでタンパク質の製造工場ともいえるリボソームの研究を10年近く行ったイスラエルの女性科学者アダ・ヨナット博士が、リボソームの構造を解明した功績でノーベル化学賞を受賞しました。

小林博士とヨナット博士には、この功績でKEKの特別栄誉教授の称号が授与されています。



日本初のホームページはKEKから

今や私たちの生活に欠かせないツールとなっているインターネット。実は、日本で初めてとなるウェブページが世界に発信されたのはKEKからでした。

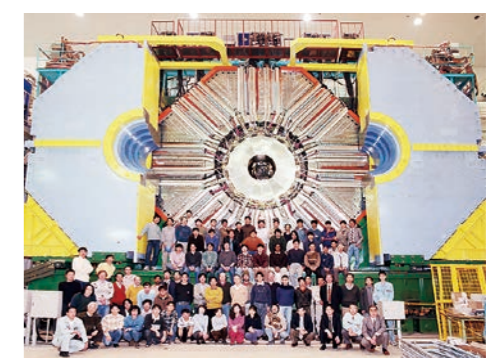
高エネルギー物理学では、一般的に世界各国の研究者が何百人、何千人と集まって、巨大な実験装置を使った研究を行うため、この分野では早くから積極的に情報交換のためのネットワークが実験に取り入れられてきました。そのような中で、CERNのバーナーズリー氏のチームがWWWを開発。そして1992年9月30日、日本で初めてのウェブページが発信されました。



日本初のウェブページ（再現）

世界に開かれた Belle 実験

KEKの素粒子実験を支えてきた加速器は、まず12GeV陽子加速器、続いて日本で最初の衝突型加速器のトリスタン加速器でした。その後計画されたのがB-ファクトリー計画、つまりKEKB加速器と、Belle測定器を使ったBelle実験です。それまでも、一部アメリカなどの外国の研究者がKEKで実験を行うことはありましたが、Belle実験は本格的に世界の研究者が参加するグループとなりました。つまり、B-ファクトリー計画は、KEKの名に冠されている「共同利用」が、日本の研究者の「共同利用」から、世界の研究者の「共同利用」となった記念碑的な実験となったわけです。



Belle実験グループの集合写真

KEKのこれから

KEKは、我が国の加速器科学の総合的発展の拠点として関連分野の研究を牽引してきました。今後、このようなKEKの役割をさらに発展させ、加速器科学の世界的な拠点として研究成果をあげることを目指します。具体的には、KEKで取り組むべき研究の指針としてのKEKロードマップ、それを具体的に進めるための実施計画としての「KEK Project Implementation Plan (KEK-PIP)」を策定しています。特に、大型プロジェクトの実現には十分な準備が必要です。国際リニアコライダー (ILC)、放射光マルチビーム計画はKEKの目指す将来像の中核として、これらの計画に盛り込まれています。

国際リニアコライダー (International Linear Collider: ILC)

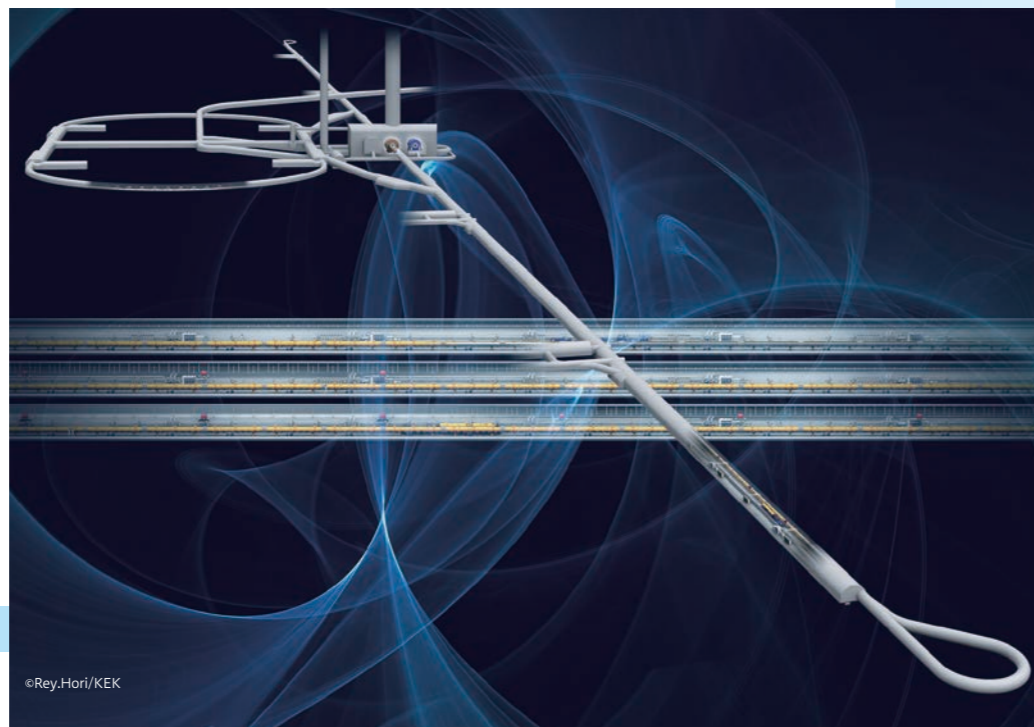
国際リニアコライダー (ILC) は、国際協力を実現を目指す次世代の直線の衝突型加速器です。全長約20キロメートルの地下トンネルに設置した超伝導加速器で電子と陽電子を衝突させ、宇宙の始まりから1兆分の1秒後を再現。そこで起きる現象を徹底的に調べ、未知の物理法則を解明し、自然の理解を新たな段階へと進めることが目的です。素粒子物理学の最重要課題のひとつは、欧州合同原子核研究機関 (CERN) のLHC加速器で2012年に発見されたヒッグス粒子の性質解明であり、ヒッグス粒子を大量生成して詳しく調べる「ヒッグス・ファクトリー」の早期実現の重要性が、世界の研究者の共通認識となっています。ILCは、もっとも成熟したヒッグス・ファクトリー計画として世界から期待されています。

KEKでは、ILC実現に向けた様々な取り組みが行われています。

加速器研究施設では、超伝導加速システムの確立や工業化、世界最高レベルの超高品質ビームの生成・制御技術等の確立を目指し研究開発を進めています。素粒子原子核研究所では、国内外の大学と協力してILCで行う実験が解明する素粒子物理学の研究と、そのための最先端測定器の研究開

発を行っています。

KEKは2014年にILC推進準備室を設置し、機構内外と連携してILC実現に向けた活動を行っています。2020年、国際将来加速器委員会 (ICFA) のもと、ILC準備段階への移行を促進するためのILC国際推進チーム (IDT) がKEKをホストとして設立されました。2021年には日本の高エネルギー物理学研究者の組織の下に「ILC-Japan」が設立され、KEKと両輪となって国内のILC推進活動を行っています。2023年、工学設計に向けたILC関連技術の開発促進を行う新たな枠組み「ILCテクノロジーネットワーク」がIDTとKEKにより発足。2023年7月にCERNとKEKが協定を結び、CERNをハブとして欧州の研究機関による活動が推進されています。韓国、オーストラリアの研究機関も参加し、ILC実現に向けた国際協働が本格化しています。



放射光マルチビーム計画

フォトンファクトリーは、X線領域の光が利用できる日本初の放射光専用施設として誕生、1982年にファーストビームを発生しました。それから40年あまり、物質や生命を原子スケールで理解するための分析ツールとして広く利用されています。

一方で、物質・生命が示す多彩な機能の根源の解

明には、空間的に不均一で時間的にも刻々と変化する原子配置と電子状態を、両者の関係性も含めて測定しなければなりません。そして、持続可能な社会に貢献する材料を開発するにも、新しいタイプの放射光施設が待望されます。

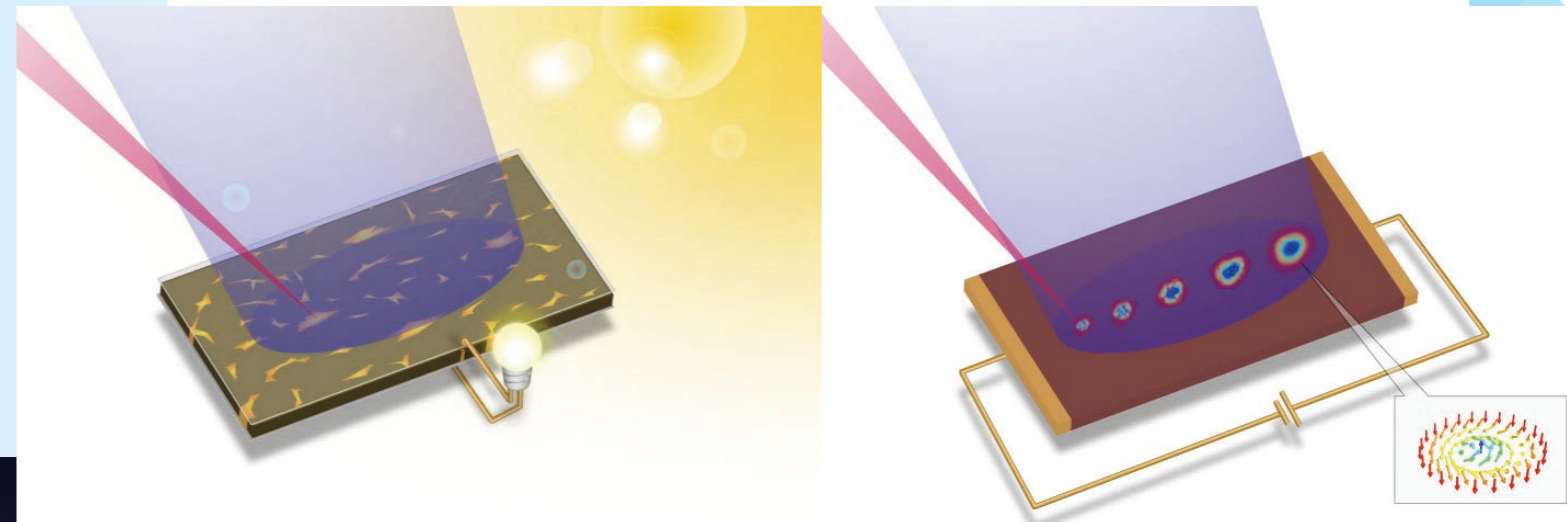
物質・生命科学の研究分野を深化・融合・創成する放射光マルチビーム実験施設

KEKは、異なる空間スケール・時間スケール・波長特性を持つ複数のビームを組み合わせる放射光マルチビーム実験を推進することを決めました。そのための新放射光源施設の候補として、超伝導線形加速器と高輝度蓄積リングを組み合わせ「ハイブリッドライトソース」を検討しています。マルチビーム実験では、原子配置と電子状態の同時測定も可能になります。

例えば、蓄積リングから発生する放射光ビームと

線形加速器から発生する短パルスナノビームの2ビームを組み合わせ、太陽電池の光化学反応過程を観察します (左図)。放射光ビーム (青色) により材料全体の遅い時間変化を観察することで電池性能を左右する微小部位を特定、その早い変化を短パルスナノビーム (赤色) で捉えます。

また、磁気デバイスへの応用に向けて、短パルスナノビームの照射により生成する磁気渦 (スキルミオン) の成長過程を放射光ビームで観察します (右図)。



シングルビームからマルチビームへの拡張は、世界の放射光科学の新しい潮流となることが期待されます

放射光マルチビーム実験施設の実現に向けた取り組み

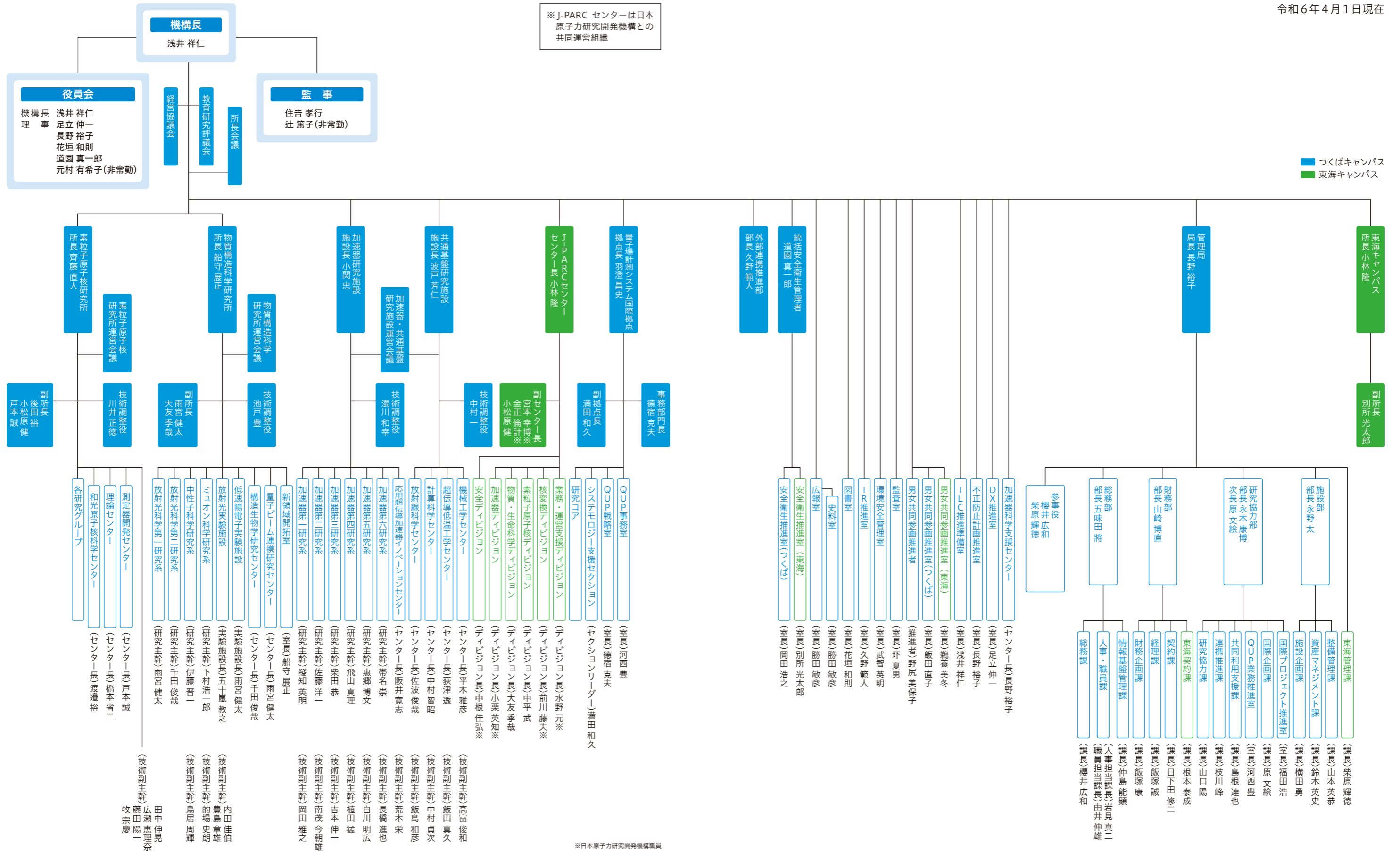
KEKは、2021年10月に、放射光の長期計画を推進するための「フォトンファクトリー計画推進委員会」を設置しました。この委員会は、公開形式で開催され、外部の専門家の意見を踏まえて計画の最適化を図っています。また、フォトンファクトリーに建

設中の開発研究と人材育成を目的とした「開発研究多機能ビームライン」では、マルチビーム実験のための新技術の実証試験と先駆的な利用研究を予定しています。

組織図

令和6年4月1日現在

※J-PARC センターは日本原子力研究開発機構との共同運営組織



※日本原子力研究開発機構職員



加速器だから 見える世界。

アクセス

つくばキャンパス

〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

【電車】

つくばエクスプレス「つくば駅」下車
路線バスで約 20 分

【車】

常磐自動車道「桜土浦」インターより約 30 分

東海キャンパス

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村大字白方 203 番地 1

【電車】

JR 常磐線「東海駅」東口よりタクシーで約 10 分

【車】

常磐自動車道「那珂 IC」「日立南太田 IC」より約 20 分

「東海スマート IC (ETC 車専用)」より約 10 分

東水戸道路「ひたちなか IC」より約 15 分



www.kek.jp/

○リサイクル適正の表示：紙へリサイクル可

本冊子は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料 [Aランク] のみを用いて作製しています。

2024年4月版